

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

3

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09150319 A

(43) Date of publication of application: 10.06.97

(51) Int. Cl.

B23H 7/08

B23H 7/02

(21) Application number: 07312290

(22) Date of filing: 30.11.95

(71) Applicant:

HITACHI CABLE LTD

(72) Inventor:

IWAKI GENZO  
SAKAI SHUJI  
KIMURA MORIO  
NAKAGAWA KAZUHIKO  
YAMANAKA TSUTOMU  
KIMURA TAKAMITSU

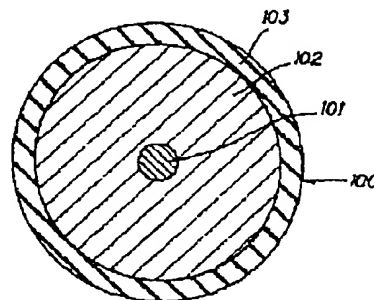
(54) ELECTRIC DISCHARGE MACHINING  
ELECTRODE WIREto 10kgf/mm<sup>2</sup> in an annealing condition.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inexpensively realize high accuracy and high speediness in electric discharge machining by a device which can obtain an electrode wire provided with a characteristic of high tension strength and high conductivity, even when a Cu-Zn alloy layer is arranged in the outermost layer, by coaxially forming a dispersed strengthening compound unit layer formed of two phases of Nb (or Nb alloy) and Cu (or Cu alloy) relating to a core material.

SOLUTION: An Nb wire 101 is used in a core material, an Nb/Cu two-phase dispersion strengthening compound unit layer 102 and a Cu-Zn alloy layer 103 are successively coaxially formed relating to this Nb wire 101. In the Nb/Cu two-phase dispersion strengthening compound unit layer 102, a two-phase dispersion strengthening compound unit by Nb, Cu has a dispersion composition, the unit has large tensile strength by this dispersion composition. Further, Cu is provided even the dispersion composition is generated, the dispersion strengthening compound unit layer 102 has high conductivity. Ordinary temperature tensile strength of the core material is set



Japanese Patent Laid-open Publication No. HEI 9-150319 A

Publication date : June 10, 1997

Applicant : Hitachi Densen K. K.

Title : DISCHARGE PROCESSING ELECTRODE WI

5

[NAME OF THE DOCUMENT] ABSTRACT

[SUMMARY]

[PROBLEM] When Cu-Zn alloy of low in tensile strength is used in the outermost layer, if attempted to keep the tensile strength by using  
10 a high tensile strength steel in the core, the electrical conductivity as the composite electrode wire is lowered, and the discharge processing current cannot be increased.

[SOLVING MEANS] Using Nb wire 101 in the core material, Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 and Cu-Zn alloy  
15 layer 103 are sequentially formed coaxially on this Nb wire 101. The Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 has a dispersion structure in the two-phase dispersion fortified type composite of Nb and Cu, and a large tensile strength is assured by this dispersion structure. Moreover, Cu is present even in the  
20 dispersion structure, and the dispersion fortified type composite layer 102 has a high conductivity.

[0018]

[Embodiments of the Invention]

25 Fig. 1 is a sectional view showing a first embodiment of discharge

processing electrode wire according to the invention. The discharge processing electrode wire 100 in the invention is composed of a core material made of Nb (or Nb alloy) wire 101, and Nb (or Nb alloy)/Cu (or Cu alloy) two-phase dispersion fortified type composite layer 102 is provided coaxially on the outer circumference of the Nb wire 101. Further, the Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 is covered with Cu-Zn alloy layer 103.

[0019]

The Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 is a composite material formed by laminating and winding tightly sheet materials of Nb and Cu, and it has both high tensile strength and high conductivity. For this Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102, the Nb wire 101 functions as a core material having a larger strength than Cu. The Cu-Zn alloy layer 103 on the outermost layer is an important portion for dominating the discharge processability. Accordingly, adding Zn excellent in discharge processing characteristic to Cu (Zn = 10 to 50 wt.%), a Cu-Zn alloy is used.

[0020]

Herein, the mode of transformation of the laminate composite material into Nb/Cu two-phase dispersion fortified composite material having a high tensile strength characteristic is explained. Laminating Nb sheet 102a and Cu sheet 102b, a composite material is formed as shown in Fig. 2 (a), and by reduction processing, creases are formed as shown in Fig. 2 (b) to be deformed into Nb layer 102c

and Cu layer 102d, and the structure collapses from the laminar texture. Finally, as shown in Fig. 2 (c), one layer becomes a dispersion phase, and it is transformed into a dispersion structure. Herein, the Cu layer 102d becomes dispersion phase 102f, and the Nb layer 102c becomes  
5 Nb phase 102e.

[0021]

In the region not destroyed in the laminar texture, the composite rule is established, and the tensile strength of the laminate composite layer itself is low, and it is difficult to be applied as a reinforcing  
10 member of the composite electrode wire. By contrast, as the laminar texture is decomposed to be dispersion structure, the composite rule is not applied in the tensile strength of the Nb/Cu composite material, and a maximum tensile strength of about 250 kgf/mm<sup>2</sup> is achieved. As a result, a composite material usable as reinforcing member of the  
15 composite electrode wire can be obtained. In this Nb/Cu composite material, since Cu of high conductivity is present also in the dispersion structure, the Nb/Cu two-phase dispersion fortified type composite layer 102 has a high conductivity characteristic.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-150319

(43) 公開日 平成9年(1997)6月10日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 H	7/08		B 2 3 H	7/08
	7/02			7/02
				Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-312290

(22) 出願日 平成7年(1995)11月30日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成7年8月 日立電線株式会社発行の「HITACHI CABLE REVIEW (No. 14)」に発表

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 岩城 源三

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社システムマテリアル研究所内

(72) 発明者 酒井 修二

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社システムマテリアル研究所内

(72) 発明者 木村 守男

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社システムマテリアル研究所内

(74) 代理人 弁理士 平田 忠雄

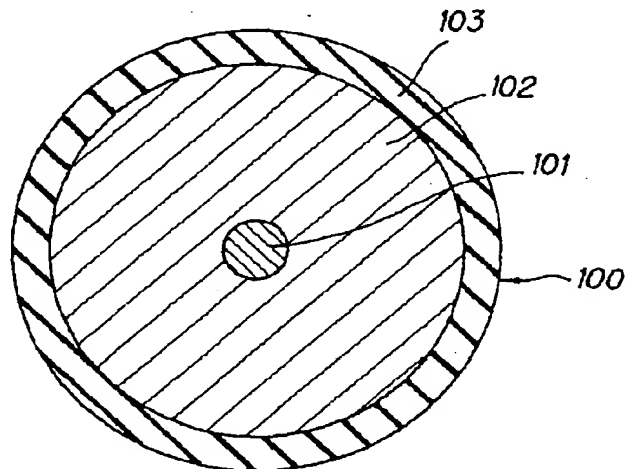
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放電加工用電極線

(57) 【要約】

【課題】 最外層に引張強度の低いCu-Zn合金を用いた場合、コア部に高抗張力鋼を用いて引張強度を確保しようとする、複合電極線としての導電率が低下し、放電加工電流を高くすることができない。

【解決手段】 芯材にNb線101を用い、このNb線101に対してNb/Cu2相分散強化型複合体層102及びCu-Zn合金層103を順次同軸に形成する。Nb/Cu2相分散強化型複合体層102は、NbとCuによる2相分散強化型複合体は分散組織を有し、この分散組織によって大きな引張強度を有するようになる。しかも、Cuは分散組織になっても存在し、分散強化型複合体層102は高導電率を有することになる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】焼鈍状態で $10\text{ kg f/mm}^2$ 以上の常温引張強さを有する金属からなる芯材と、

前記芯材に対し同軸に形成されるNb又はNb合金とCu又はCu合金の2相による分散強化型複合体層と、前記分散強化型複合体層に被覆されるZn又はCu-Zn合金層とを具備することを特徴とする放電加工用電極線。

【請求項2】前記芯材は体積率が30%以下、前記分散強化型複合体層の体積率が35%以上、及び前記Zn又はCu-Zn合金層は体積率が65%以下であることを特徴とする請求項1記載の放電加工用電極線。

【請求項3】前記分散強化型複合体層は、Nb又はNb合金によるシートとCu又はCu合金によるシートとを積層状態に密巻きにして積層複合体とし、前記積層複合体を減面加工して、分散組織を形成した構成であることを特徴とする請求項1記載の放電加工用電極線。

【請求項4】焼鈍状態で $10\text{ kg f/mm}^2$ 以上の常温引張強さを有する金属からなる芯材と、

前記芯材に対し同軸に形成されるNb又はNb合金とCu又はCu合金の2相による分散強化型複合体層と、前記分散強化型複合体層に被覆されるCu又はCu合金による拡散反応防止層と、

前記拡散反応防止層に被覆されるZn又はCu-Zn合金層とを具備することを特徴とする放電加工用電極線。

【請求項5】前記芯材は体積率が30%以下、前記分散強化型複合体層は体積率が35%以上、前記拡散反応防止層の体積率が5%以下、及び前記Zn又はCu-Zn合金層は体積率が65%以下であることを特徴とする請求項3記載の放電加工用電極線。

【請求項6】前記分散強化型複合体層は、Nb又はNb合金によるシートとCu又はCu合金によるシートとを積層状態に密巻きして積層複合体とし、前記積層複合体を減面加工して、分散組織を形成した構成であることを特徴とする請求項4記載の放電加工用電極線。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ワイヤ放電加工に用いられる放電加工用電極線、特に、最外層にCu-Zn合金層を設けた構成の放電加工用電極線に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ワイヤ放電加工は、電極線となる細いワイヤ（タングステン、黄銅等）を巻き取りつつ被加工物に対して三次元の送りをかけ、ワイヤを電極にして被加工物に放電を行いながら被加工物を溶断して糸鋸式の加工を行うもので、特定形状の電極を使用しないで高精度に三次元形状の製品を作成することができる。特に、加工の困難な超硬合金等の加工も高精度に行えるため、近年、実用範囲が広がりつつあり、例えば、機械的な切削

2

や切断加工が困難な金型等の加工にも用いられている。

【0003】最近の金型加工分野においては、より高精度化、高速度化の要求が高く、直径 $0.1\text{ mm}$ 以下で $150\text{ kg f/mm}^2$ 以上の高引張強度、20%IACS以上の高導電率特性を有する極細電極線の出現が待たれている。この種の要求を満たす電極線として、従来より引張強度の高いW（タングステン）単体の電極線が用いられている。従来、高張力電極線として用いられているW電極線の引張強度は約 $400\text{ kg f/mm}^2$ であり、この値は汎用黄銅電極線の約4倍の強度を有するため、高精度化のために線径を $0.1\text{ mm}$ 以下に極細化しても加工精度を低下させる原因となる電極線の振動を防止するに十分な張力を負荷することができる。

【0004】しかし、タングstenは希少金属の1つであり、また、難加工材でもある。このため、極細電極線が消耗品であることを考えると非常に高価なものになる。また、W電極線を用いた場合、強度が高くなりすぎ、電極線に電圧を印加する送り出しリール及び巻き取りリールの磨耗が激しく、接触抵抗の変化等により不安定な放電現象が生じ易い。

【0005】そこで、最近では、汎用电極線である黄銅（Cu-35%Zn）電極線とW電極線との中間の引張強さを有する複合電極線が用いられている。この複合電極線の詳細については、例えば、特開昭56-126528号公報に記載があり、その構造は図7に示す如くである。すなわち、コア部としての高張力鋼線201に対し、同軸にCu-Zn（黄銅）合金層202を被覆した構成である。

【0006】このような構成により、高精度加工に十分で、送り出しリール及び巻き取りリールとの磨耗が少ない適度な引張強度である約 $150\sim 200\text{ kg f/mm}^2$ の値が得られ、しかも安価に製造することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の放電加工用電極線によると、構成材に引張強度の低いCu-Zn合金を被覆に用いているため、複合電極線としての引張強度を確保するには、複合電極線のテンションメンバーであるコア部の高抗張力鋼の割合を大きくしなければならない。

【0008】また、高抗張力鋼の導電率はせいぜい10%IACS程度であり、複合電極線としての導電率が低下し、放電加工電流（放電加工の高速化に不可欠である）を高くすることが難しいという問題がある。そこで本発明は、高引張強度及び高導電率の両特性を備え、放電加工の高精度化及び高速度化を達成することのできる放電加工用電極線を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、この発明は、焼鈍状態で $10\text{ kg f/mm}^2$ 以上の常温引張強さを有する金属からなる芯材と、この芯材

に対し同軸に形成されるNb又はNb合金とCu（銅）又はCu合金の2相による分散強化型複合体層と、この分散強化型複合体層に被覆されるZn又はCu-Zn（亜鉛）合金層とを備えた構成にしている。

【0010】複合材の塑性加工では、各構成材間の変形抵抗の差が大きすぎるとネッキング現象と称される塑性不安定現象が発生し、断線等のトラブルが起こりやすくなる。この発明では、Nb/Cu分散強化型複合体の強度、即ち、変形抵抗が高くなるため、塑性不安定現象の発生を防止するためには変形抵抗の高い材料を芯材として用いる必要がある。焼鈍状態で $10\text{ kg f/mm}^2$ 以上の常温引張強さを有する金属であれば、常温での減面加工により歪硬化し、その結果、塑性不安定現象の発生を防止でき、良好な減面加工性を維持できる。

【0011】また、上記構成によれば、Nb（又はNb合金）とCu（又はCu合金）による2相分散強化型複合体は分散組織を有し、この分散組織においては複合則が通用せず、大きな引張強度を有するようになる。また、Cu（又はCu合金）は分散組織になっても存在し、分散強化型複合体層は高導電率を備えている。したがって、最外層にZn又はCu-Zn合金層を配しても、高引張強度及び高導電率の特性を備えた放電加工用電極線を得ることができ、放電加工の高精度化及び高速度化が低価格で実現することができる。

【0012】ここで、前記芯材の体積率は30%以下、前記分散強化型複合体層は体積率が30%以上、及び前記Zn又はCu-Zn合金層は体積率が65%以下にすることが望ましい。この構成によれば、電極線の体積率を最適に設定したことにより、放電加工用電極線として用いる線径にあって所望の引張強度及び導電率が得られる。

【0013】そして、前記分散強化型複合体層は、Nb又はNb合金によるシートとCu又はCu合金によるシートとを積層状態に密巻きにして積層複合体とし、前記積層複合体を減面加工して、分散組織を形成した構成にすることができる。この構成によれば、Nb（又はNb合金）によるシートとCu（又はCu合金）によるシートとを積層状態に密巻きにした複合体に対し、減面加工を施すことによりCu（又はCu合金）が分散相となって分散組織が形成され、引張強度が高くなる。したがって、最外層にZn又はCu-Zn合金層を配しても、高引張強度及び高導電率の特性を備えた放電加工用電極線を得ることができる。

【0014】また、上記の目的は、焼鈍状態で $10\text{ kg f/mm}^2$ 以上の常温引張強さを有する金属からなる芯材と、この芯材に対し同軸に形成されるNb又はNb合金とCu又はCu合金の2相による分散強化型複合体層と、この分散強化型複合体層に被覆されるCu又はCu合金による拡散反応防止層と、この拡散反応防止層に被覆されるZn又はCu-Zn合金層とを備えた構成によ

っても達成される。

【0015】この構成によれば、Nb（又はNb合金）とCu（又はCu合金）による2相分散強化型複合体は分散組織を有し、この分散組織においては複合則が通用せず、大きな引張強度を有するようになる。更に、分散強化型複合体層に被覆されたCu又はCu合金による拡散反応防止層は、拡散反応を防止するように機能する。また、Cu（又はCu合金）は分散組織になっても存在し、分散強化型複合体層は高導電率を備えている。したがって、最外層にZn又はCu-Zn合金層を配しても、高引張強度及び高導電率の特性を備えた放電加工用電極線を得ることができ、放電加工の高精度化及び高速度化を低価格に実現することができる。

【0016】この場合、前記芯材の体積率が30%以下、前記分散強化型複合体層は体積率が35%以上、前記拡散反応防止層は体積率が5%以下、前記Zn又はCu-Zn合金層は体積率が65%以下であることが望ましい。この構成によれば、電極線の体積率を最適に設定したことにより、放電加工用電極線として用いる線径にあって所望の引張強度及び導電率が得られる。

【0017】更に、前記分散強化型複合体層は、Nb又はNb合金によるシートとCu又はCu合金によるシートとを積層状態に密巻きにした積層複合体とし、前記積層複合体を減面加工して、分散組織を形成した構成にすることができる。この構成によれば、Nb（又はNb合金）によるシートとCu（又はCu合金）によるシートとを積層状態に密巻きにした複合体に対し、減面加工を施すことによりCu（又はCu合金）が分散相となって分散組織が形成され、引張強度が高くなる。したがって、最外層にZn又はCu-Zn合金層を配しても、高引張強度及び高導電率の特性を備えた放電加工用電極線を得ることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は本発明による放電加工用電極線の第1の実施の形態を示す断面図である。本発明による放電加工用電極線100は、芯材としてNb（又はNb合金）線101が用いられ、このNb線101の外周には同軸にNb（又はNb合金）/Cu（又はCu合金）2相分散強化型複合体層102が設けられている。更に、Nb/Cu 2相分散強化型複合体層102には、Cu-Zn合金層103が被覆されている。

【0019】Nb/Cu 2相分散強化型複合体層102は、NbとCuのシート材を積層及び密巻きして作られた複合体であり、高引張強度と高導電率を兼ね備えている。このNb/Cu 2相分散強化型複合体層102に対し、Nb線101はCuよりも強度が大きい芯材として機能するものである。最外層のCu-Zn合金層103は放電加工性を支配する重要な部分である。そこで、放電加工特性の良好なZnをCuに添加（Zn=10~50wt%）したCu-Zn合金を用いている。

5

【0020】ここで、上記の積層複合体が高引張強度特性を有するNb/Cu 2相分散強化型複合体に変化する様子について説明する。Nbシート材102aとCuシート材102bを積層し、図2の(a)に示すように複合体に加工した後、減面加工を施すと図2の(b)の様に皺状に変形したNb層102cとCu層102dが形成され、組織が層状から崩れていく。そして、最終的には、図2の(c)の様に、片方の層が分散相になった分散組織に変化する。ここでは、Cu層102dが分散相102fになり、Nb層102cがNb相102eになる。

【0021】層状組織が崩れない領域では、複合則が成立し、積層複合体自体の引張強度が低く、複合電極線の強度メンバーとして適用することは困難である。これに対し、層状組織が崩れ、分散組織になるにしたがってNb/Cu複合体の引張強度は複合則が適用できなくなり、最大、約250kgf/mm<sup>2</sup>に達する引張強度が得られるようになる。この結果、複合電極線の強度メンバーとして適用可能な複合体を得ることができる。そして、このNb/Cu複合体においては、分散組織になっても高導電率のCuが存在することにより、Nb/Cu 2相分散強化型複合体層102は高い導電率特性を備えることになる。

【0022】図3は本発明の放電加工用電極線の第2の実施の形態を示す断面図である。図3に示す放電加工用電極線105は、芯材としてNb（又はNb合金）線101が用いられ、このNb線101の外周には同軸にNb（又はNb合金）/Cu（又はCu合金）2相分散強化型複合体層102が設けられている。このNb/Cu 2相分散強化型複合体層102の外周面には、拡散反応防止層としてのCu（又はCu合金）層104が形成されている。更に、Cu層104の外周面には、Cu-Zn合金層103が被覆されている。

【0023】図1に示した構成の放電加工用電極線100と同様に、図3におけるNb/Cu 2相分散強化型複合体層102は、NbとCuのシート材を積層及び密巻きして作られた複合体であり、高引張強度と高導電率を兼ね備えている。また、Cu層104には、工業用純銅を用い、最外層のCu-Zn合金層103には、放電加工特性に優れるZnの10～50wt%をCuに添加したCu-Zn合金を用いている。このCu-Zn合金層103は、他に、冷間で断面減少率50%以上の減面加工が可能な金属材料の周囲にZn（或いはZn基合金）が被覆された複合体を用いることもできる。

【0024】図3の構成による放電加工用電極線105において、その製造過程における積層複合体が高引張強度特性を有するNb/Cu 2相分散強化型複合体に変化する様子については、図2で説明した通りであるので、説明は省略する。図3の構成によれば、Nb/Cu 2相分散強化型複合体層102とCu-Zn合金層103に

6

における拡散反応が防止され、各々における金属組成の状態を保持することができる。

【0025】図4は本発明の放電加工用電極線の第3の実施の形態を示す断面図である。図4に示す放電加工用電極線107は、芯材にNb線に代えて炭素鋼等による高抗張力材106を用いている。他の構成は図3と同じであり、高抗張力材106の外周には同軸にNb/Cu 2相分散強化型複合体層102が設けられている。このNb/Cu 2相分散強化型複合体層102の外周面には、拡散反応防止層としてのCu層104が形成されている。更に、Cu層104の外周面には、Cu-Zn合金層103が被覆されている。

【0026】本発明による上記の各放電加工用電極線と同様に、図4におけるNb/Cu 2相分散強化型複合体層102は、NbとCuのシート材を積層及び密巻きにして作られた複合体であり、高引張強度と高導電率を兼ね備えている。この構成においても、Cu層104には工業用純銅を用いている。更に、最外層のCu-Zn合金層103には、Cuに放電加工特性の良好なZnを10～50wt%添加したCu-Zn合金を用いている。このCu-Zn合金層103は、他に、冷間で断面減少率50%以上の減面加工が可能な金属材料の周囲にZn或いはZn基合金が被覆された複合体を用いることもできる。

【0027】図4の構成による放電加工用電極線107においても、シート積層状態の積層複合体がその製造過程で高引張強度特性を有するNb/Cu 2相分散強化型複合体に変化する様子は、図2で説明した通りである。よって、これについての説明は省略する。図4の放電加工用電極線107における高抗張力材106は、直径が大きくなるため、Nb/Cu 2相分散強化型複合体層102の断面積が小さくなり、Nb/Cu 2相分散強化型複合体層102に基づく高引張強度化と高導電率化の面で不利にはなる。しかし、高抗張力材106によって芯材も強度メンバーの一部として高体積率で複合することができ、この方面から高強度化、高導電率を図ることができる。

【0028】なお、図4の構成においては、高抗張力材に代え、工業用純銅、銅合金等の高導電率材を複合した線材を用いることもできる。これにより、汎用黄銅電極線と同等以上の強度を持ち、十分に導電率の高い複合電極線を得ることができる。図5は本発明の放電加工用電極線の第4の実施の形態を示す断面図である。図5に示す放電加工用電極線108は、図3に示した構成の放電加工用電極線100からCu-Zn合金層103を除去した構成（Nb線101+Nb/Cu 2相分散強化型複合体層102の構成）の複合線の複数本（全て同一仕様の芯材110a, 110b, 110c, 110d, 110e, 110f）をマトリックス材109内に相互に所定の距離を置いて平行配置した構成の多芯構造にしたと



ころに特徴がある。ここで、マトリックス材 109 は、図 3 の放電加工用電極線 105 の最外層に用いた Cu-Zn 合金を採用することができる。

【0029】図 5 の構成によれば、複合体の断面積を大きくすることができ、放電加工の用途等に応じた選択が可能になる。

【0030】

【実施例】本発明者らは、図 1 及び図 3 の構成による放電加工用電極線を製作した。製作に際しては、実施例 1, 2, 3 (図 3 の構成による) ~ 実施例 4, 5 (図 1 の構成による) の 5 例について、図 6 に示す条件で行った。すなわち、線径 (mm) 及び体積率 (%) を適宜変え、各々における引張強度 (kgf/mm<sup>2</sup>) と導電率 (% IACS) を測定した。また、1 つの比較例 (図 7 に示した従来技術によるもの) を従来技術により製作した。なお、図 6 の体積率の欄における「Cu-Zn」は図 1 及び図 3 の Cu-Zn 合金層 103 に相当し、「Cu」は図 3 の Cu 層 104 に相当し、「Nb/Cu」は Nb/Cu 2 相分散強化型複合体層 102 に相当し、「Nb」は Nb 線 101 に相当する。

【0031】そして、Cu-Zn 合金層 103 には実施例 1 ~ 5 及び比較例共に、Cu-35wt%Zn 合金 (JIS C2700) を用いた。また、Nb/Cu 2 相分散強化型複合体層 102 には、厚さ 0.2 mm の工業用純 Nb シートと厚さ 0.12 mm の工業用純銅シートを密巻きにした積層複合体を母材に用いて形成した。更に、Nb 線 101 には工業用純 Nb 材を使用した。そして、比較例の芯材には 0.25wt% 炭素を含有した炭素鋼を用いた。

【0032】図 6 から明らかなように、本発明による実施例 1 ~ 3 は、いずれも引張強度が 166 kgf/mm<sup>2</sup> 以上で且つ 23% IACS 以上の導電率が得られている。また、Cu 層 104 を設けていない本発明の実施例 4, 5 においても、162 kgf/mm<sup>2</sup> 以上の引張強度及び 20% IACS 以上の導電率を得ることができた。これに対して比較例は、引張強度は十分な値が得られるものの、コア部が導電率の低い炭素鋼であるため、十分な導電率を得ることができない。

【0033】以上の実施例から、複合則により Nb/Cu 2 相分散強化型複合体層 102 の引張強度を逆算すると、実施例 3 において最大約 250 kgf/mm<sup>2</sup> になる。したがって、引張強度が最大でも約 100 kgf/mm<sup>2</sup>

mm<sup>2</sup> の Cu-Zn 合金と複合する場合、Nb/Cu 2 相分散強化型複合体層 102 の体積率は少なくとも 35% 以上でなければ、放電加工の高精度及び高速化に必要な特性を得られないことがわかる。

【0034】なお、本発明においては、Nb/Cu 2 相分散強化型複合体層 102 を製作するに際し、Nb シートと Cu シートを積層して巻き寿司形に巻き取るようにしたが、これに限定されるものではない。例えば、単純に積み上げた積層複合体から形成される Nb/Cu 2 相分散強化型複合体層にしてもよい。

【0035】

【発明の効果】以上より明らかな如く、本発明によれば、Nb (又は Nb 合金) と Cu (又は Cu 合金) の 2 相による分散強化型複合体層を芯材に対し同軸に形成したので、最外層に Cu-Zn 合金層を配しても、高引張強度及び高導電率の特性を備えた放電加工用電極線を得ることができ、放電加工の高精度化及び高速度化を低価格に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

20 【図 1】本発明による放電加工用電極線の第 1 の実施の形態を示す断面図である。

【図 2】積層複合体が Nb/Cu 2 相分散強化型複合体に変化する様子を示す説明図である。

【図 3】本発明の放電加工用電極線の第 2 の実施の形態を示す断面図である。

【図 4】本発明の放電加工用電極線の第 3 の実施の形態を示す断面図である。

【図 5】本発明の放電加工用電極線の第 4 の実施の形態を示す断面図である。

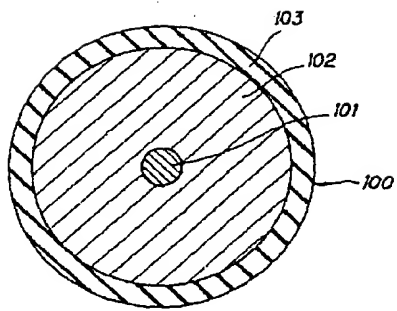
30 【図 6】本発明の実施結果及び構成条件を示す説明図である。

【図 7】従来の放電加工用電極線の構成を示す断面図である。

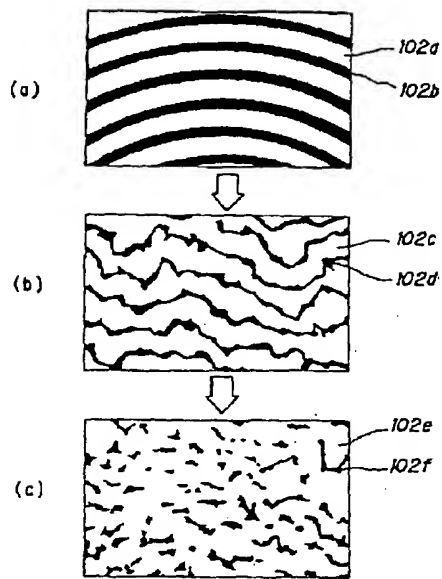
【符号の説明】

101 Nb 線  
102 Nb/Cu 2 相分散強化型複合体層  
102 f 分散相  
102 e Nb 相  
103 Cu-Zn 合金層  
40 104 Cu 層  
105 放電加工用電極線  
106 高抗張力材

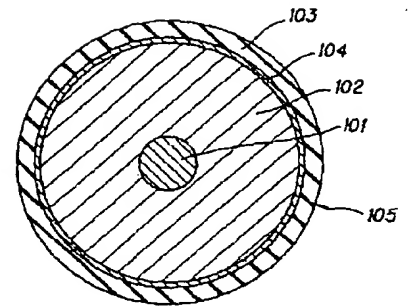
【圖1】



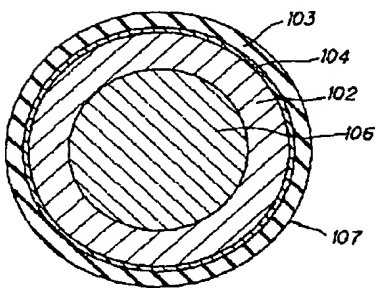
【圖2】



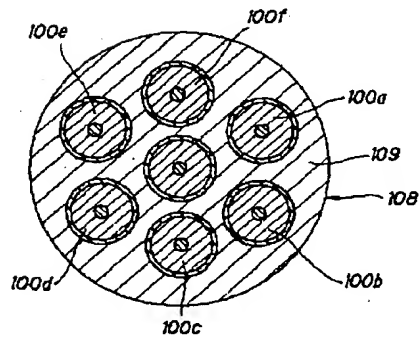
【圖3】



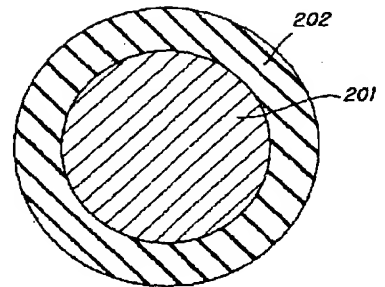
【圖4】



【圖5】



【圖7】



【圖6】

	線徑 (mm)	体積率 (%)				引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	導電率 (%LACS)	備考
		Cu-Zn	Cu	Nb/Cu	Nb			
実施例 1	0.1	18	5	72	5	166	29	
実施例 2	0.07	18	5	72	5	177	26	
実施例 3	0.05	18	5	72	5	206	23	
実施例 4	0.07	10	0	87	3	229	20	
実施例 5	0.07	35	0	60	5	162	27	
比較例	0.07	30	0	(70)	0	205	12	中心：炭素鋼

フロントページの続き

(72) 発明者 中川 和彦  
茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線  
株式会社システムマテリアル研究所内

(72) 発明者 山中 務  
茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線  
株式会社システムマテリアル研究所内

(72) 発明者 木村 孝光  
茨城県日立市川尻町4丁目10番1号 日立  
電線株式会社豊浦工場内